

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 966 694 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**22.10.2003 Patentblatt 2003/43**

(21) Anmeldenummer: **98910611.7**

(22) Anmeldetag: **02.02.1998**

(51) Int Cl.7: **G01V 8/00, G01J 3/28**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE98/00384**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 98/040765 (17.09.1998 Gazette 1998/37)**

### (54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER BIDIREKTIONALEN REFLEKTANZVERTEILUNG**

PROCESS AND DEVICE FOR DETERMINING BI-DIRECTIONAL REFLECTANCE DISTRIBUTION

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR DETERMINER LA DISTRIBUTION BIDIRECTIONNELLE DE LA REFLECTANCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

(30) Priorität: **10.03.1997 DE 19711127**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.12.1999 Patentblatt 1999/52**

(73) Patentinhaber: **DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
**51147 Köln (DE)**

(72) Erfinder:  
• **RÖSER, Hans-Peter**  
**D-12103 Berlin (DE)**  
• **RADKE, Marco**  
**D-13086 Berlin (DE)**  
• **VON SCHÖNERMARK, Maria**  
**D-12621 Berlin (DE)**

(74) Vertreter: **Effert, Bressel und Kollegen**  
**Radickestrasse 48**  
**12489 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

- **KARNER KONRAD F ET AL: "Image based measurement system for anisotropic reflection" 26. August 1996 , PROCEEDINGS OF THE 1996 17TH ANNUAL CONFERENCE AND EXHIBITION OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR COMPUTER GRAPHICS, EUROGRAPHICS'96;POITIERS, FR AUG 26-30 1996 , COMPUT GRAPHICS FORUM;COMPUTER GRAPHICS FORUM; GRAPHICS-VIRTUAL REALITY-GRAPHICS HIGHWAYS SEP 1996 BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLISHERS, OXFORD, ENGL, PAGE(S) 119 - 128 XP002073416 siehe Seite 121, Zeile 24 - Zeile 39; Abbildung 2**
- **MAGNER THOMAS J: "Moderate-resolution imaging spectrometer-tilt baseline concept" 1991 , EARTH AND ATMOSPHERIC REMOTE SENSING;ORLANDO, FL, USA APR 2-4 1991 , PROC SPIE INT SOC OPT ENG;PROCEEDINGS OF SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING 1991 PUBL BY INT SOC FOR OPTICAL ENGINEERING, BELLINGHAM, WA, USA, PAGE(S) 272 - 285 XP002073417 siehe Seite 281, Zeile 10 - Seite 282, Zeile 13; Abbildung 5**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 0 966 694 B1**

- **KARNER K F:** "Using images to estimate reflectance functions" , WSCG 96. FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE IN CENTRAL EUROPE ON COMPUTER GRAPHICS AND VISUALIZATION 96, IN COOPERATION WITH IFIP WORKING GROUP 5.10 ON COMPUTER GRAPHICS AND VIRTUAL WORLDS. CONFERENCE PROCEEDINGS, PROCEEDINGS OF WSCG 96: FOURTH INTERNA , ISBN 80-7082-238-4, 1996, PLZEN, CZECH REPUBLIC, UNIV. WEST BOHEMIA, CZECH REPUBLIC, PAGE(S) 133 - 140 VOL.1 XP002073418 siehe Seite 135, Zeile 11 - Zeile 24; Abbildung 2
- **KOVALICK W M ET AL:** "Data processing and calibration of the Advanced Solid-State Array Spectroradiometer" , IGARSS '94. INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM. SURFACE AND ATMOSPHERIC REMOTE SENSING: TECHNOLOGIES, DATA ANALYSIS AND INTERPRETATION (CAT. NO.94CH3378-7), PROCEEDINGS OF IGARSS '94 - 1994 IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE , ISBN 0-7803-1497-2, 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, USA, PAGE(S) 1652 - 1654 VOL.3 XP002073419 siehe Seite 1653, Spalte 2, Zeile 49 - Seite 1654, Spalte 1, Zeile 38

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der bidirektionalen Reflektanzverteilung.

**[0002]** Mittels der bidirektionalen Reflektanzverteilungsfunktion (BRDF) können z.B. Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand von Waldgebieten und anderen Bodenflächen gezogen oder andere klimarelevante Aerosolparameter abgeleitet werden.

**[0003]** Die bidirektionale Reflektanzverteilungsfunktion ist abhängig von der Wellenlänge des untersuchten Lichts und der Strahldichten der einfallenden unreflektierten Strahlung. Diese wiederum sind abhängig von Azimut- und Zenitwinkel des Sonnenstandes bzw. dem Beobachtungszimut- und dem Beobachtungszenitwinkel. Der Ausdruck bidirektional weist also darauf hin, daß die Funktion nicht nur von Zenit und Azimut des Beobachtungspunktes, sondern auch von Zenit und Azimut der Lichtquelle (Sonne) abhängig ist.

**[0004]** Zur Bestimmung der bidirektionalen Reflektanzverteilungsfunktion werden Daten von Satelliten (z. B. NOAA 6/7) genutzt oder Messungen mit Spektral- bzw. Radiometern vorgenommen. Ein solches Spektralphotometer ist z. B. aus dem Prospekt "SP1A" der Firma Dr. Schulz & Partner bekannt, mittels dessen die Globalstrahlung gemessen wird. Dabei wird das Spektralphotometer an einer Drehvorrichtung befestigt, die das Schwenken des Spektralphotometers um zwei Achsen in alle Richtungen erlaubt. Um aus der gemessenen Strahldichte den Reflektanzfaktor zu ermitteln, wird meistens die Strahldichte über einer Referenzfläche ("Weißscheibe") bestimmt. Dies ist vorzugsweise eine Spektralplatte mit einem genau definierten Reflexionsvermögen, daß unabhängig von der Richtung der ein- und ausfallenden Strahlung sein soll. Nachteilig an der bekannten Vorrichtung ist deren mangelnde Auflösung. Bei Messung in einer Filterstellung und Schrittweiten von  $1^\circ$  in Azimut- und Zenitrichtung benötigt die Vorrichtung 18 Stunden Zeit für eine Messung, da alle zwei Sekunden gefahren und gemessen werden kann. Bei einer Schrittweite von  $5^\circ$  in Azimut- und Zenitrichtung kann alle drei Sekunden eine Messung durchgeführt werden. Damit dauert die Meßreihe eine Stunde und fünf Minuten. Da die bidirektionale Reflektanzverteilungsfunktion vom Azimut- und Zenitwinkel des Sonnenstandes abhängig ist, muß die Vermessung sehr zügig durchgeführt werden, um einen nahezu konstanten Sonnenstand sicherzustellen. Um dies bei der Vermessung des gesamten Halbraumes zu gewährleisten, muß bei dem bekannten Verfahren entweder der Öffnungswinkel (Field of View) und/oder die Schrittweite für die Azimut- und Zenitwinkel relativ groß gewählt werden. In der Regel benutzt man einen Öffnungswinkel und eine Schrittweite von  $5^\circ$  bis  $15^\circ$  und mißt dann in entsprechend vielen Einstellungen, die teilweise manuell vorgenommen werden, den gesamten unteren Halbraum. Im Ergebnis liegt eine bidirektionale Reflektanzver-

teilungsfunktion mit einer Auflösung von  $5^\circ$  bis zu  $15^\circ$  Winkelschrittweite vor. Ein weiterer Nachteil der bekannten Vorrichtung ist die mangelnde Genauigkeit der ermittelten Referenz, da die Konstanz des Reflexionsvermögens nicht vollständig gewährleistet ist, sowohl an den verschiedenen Punkten der Spektralplatte als auch bezogen auf die Abhängigkeit von der Blickrichtung.

**[0005]** Aus den beiden Fachartikeln MAGNER THOMAS J: "Moderate-resolution imaging spectrometer-tilt baseline concept" 1991, EARTH AND ATMOSPHERIC REMOTE SENSING; ORLANDO, FL, USA APR 2-4 1991, PROC SPIE INT SOC OPT ENG; PROCEEDINGS OF SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING 1991 PUBL BY INT SOC FOR OPTICAL ENGINEERING, BELLINGHAM, WA, USA, PAGE(S) 272 - 285; und KOVALICK W M ET AL: "Data processing and calibration of the Advanced Solid-State Array Spectroradiometer", IGARSS'94. INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, SURFACE AND ATMOSPHERIC REMOTE SENSING: TECHNOLOGIES, DATA ANALYSIS AND INTERPRETATION (CAT. NO.94CH3378-7), PROCEEDINGS OF IGARSS'94 - 1994 IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE, ISBN 0-7803-1497-2, 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, USA, PAGE(S) 1652 -1654 VOL.3. sind jeweils BRDF-Messungen mittels CCD-Kameras von einem Satelliten bzw. Flugzeug aus bekannt.

**[0006]** Aus dem Fachartikel KARNER KONRAD F ET AL: "Image based measurement system for anisotropic reflection" 26. August 1996, PROCEEDINGS OF THE 1996 17TH ANNUAL CONFERENCE AND EXHIBITION OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR COMPUTER GRAPHICS, EUROGRAPHICS'96; POI-TIERS, FR AUG 26-30 1996, COMPUT GRAPHICS FORUM; COMPUTER GRAPHICS FORUM; GRAPHICS-VIRTUAL REALITY-GRAPHICS HIGHWAYS SEP 1996 BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLISHERS, OXFORD, ENGL; PAGE(S) 119-128; eine BRDF-Bodenvermessung mit einer CCD-Kamera bekannt. Dabei erfolgt eine einzige Aufnahme mit der unter einem festen Winkel zur zu messenden Fläche ausgerichtete CCD-Kamera. Die mit diesem Verfahren erreichbaren Genauigkeiten der BRDF-Messung sind gering und für viele Anwendungsfälle nicht ausreichend.

**[0007]** Aus dem Fachartikel KARNER K F: "Using images to estimate reflectance function, WSCG 96. FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE IN CENTRAL EUROPE ON COMPUTER GRAPHICS AND VISUALIZATION 96, IN CO-OPERATION WITH IFIP WORKING GROUP 5.10 ON COMPUTER GRAPHICS AND VIRTUAL WORLDS. CONFERENCE PROCEEDINGS, PROCEEDINGS OF WSCG 96: FOURTH INTERNATIONAL, ISBN 80-7082-238-4, 1996, PLZEN, CZECH REPUBLIC, UNIV. WEST BOHEMIA, CZECH REPUBLIC, PAGE(S) 133 - 140 VOL. 1 ist eine BRDF-Bodenmessung mit einer CCD-Kamera bekannt, wobei die Messung unter verschiedenen Winkeln der Bestrah-

lungsquelle durchgeführt wird. Dabei wird wieder mittels einer einzigen Aufnahme der CCD-Kamera der Halb-raum aufgenommen, so daß es sich bei dem CCD-Sensor um eine CCD-Matrix handelt, was die erreichbare Auflösung für die BRDF beschränkt.

**[0008]** Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der bidirektionalen Reflektanzverteilung zu schaffen, mit der eine verbesserte Auflösung der bidirektionalen Reflektanzverteilungsfunktion erreichbar ist.

**[0009]** Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 4. Durch die Ausgestaltung der optischen Detektoreinrichtung als CCD-Zeilen-Kamera kann jeweils simultan, entsprechend dem Öffnungswinkel der Kamera, ein Segment der abzutastenden Oberfläche ausgemessen werden und eine horizontale Verstellung der Detektoreinrichtung zur Erfassung einzelner Meßpunkte ist entbehrlich. Dadurch kann die Ausmessung der Oberfläche um den Faktor 2000 schneller erfolgen, so daß die Fehler aufgrund einer Sonnenstandsänderung vernachlässigbar sind. Die Zeitdauer für eine Meßreihe einschließlich Polarisationsmessung beträgt ca. 65 Sekunden bei einer Auflösung von bis zu  $0,5^\circ$ . Solche weitwinkligen CCD-Zeilen-Kameras sind seit langem aus der Luft- und Raumfahrttechnik bekannt. Eine beispielhafte Beschreibung einer derartigen Kamera ist dem Fachartikel "Weitwinkel-Stereokamera WAOSS-Konzept und Arbeitsweise, Sandau et al.; bild & ton, 9/10, 1992, S. 224 ff. entnehmbar, auf den hier bezüglich der Ausbildung der Kamera ausdrücklich Bezug genommen wird. Das Verfahren geht davon aus, daß nach Neigung der CCD-Kamera um  $90^\circ - 0,5$  IFOV die Pixel der CCD-Zeilen als Zenitwinkel interpretiert werden können, die Messung bei unterschiedlichen Azimutwinkeln aber durch Rotation der geneigten Kamera um eine vertikale Achse realisiert werden kann, so daß eine paralaktische Montierung von Azimut- und Zenitdistanz wie beim Stand der Technik entbehrlich ist. Darüber hinaus entfällt das Erfordernis einer Weißscheibe, die im Stand der Technik aufgrund der nicht exakt lambertschen Eigenschaften eine weitere Fehlerquelle darstellt. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0010]** Zur Erfassung und Unterdrückung der durch die Eigenpolarisation der CCD-Zeilen-Kamera verursachten Meßfehler kann mindestens eine weitere Referenzmessung durchgeführt werden, bei der bestimmte Punkte der Oberfläche in einer unterschiedlichen CCD-Zeilen-Position vermessen werden. Da die Eigenpolarisation der CCD-Zeilen-Kamera bekannt ist, kann mittels der beiden Meßdaten der Meßfehler herausgerechnet werden.

**[0011]** Durch die schnelle Erfassung aller Meßpunkte kann zur Bestimmung der Referenz auf eine Spektraltonplatte verzichtet werden und die Referenz direkt durch Schwenkung der Drehvorrichtung um  $180^\circ$  um

die horizontale Achse und Wiederholung der Messung in Himmelsrichtung ermittelt werden.

**[0012]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Fig. zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung bei Erfassung der Meßdaten,
- Fig. 2 eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung bei Erfassung der Referenz und
- Fig. 3 eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung bei Erfassung einer weiteren Referenz zur Kompensation der Meßfehler aufgrund der Eigenpolarisation der CCD-Zeilen-Kamera.

**[0013]** Die Vorrichtung zur Bestimmung der bidirektionalen Reflektanzverteilung umfaßt eine CCD-Zeilen-Kamera 1 und eine Drehvorrichtung 2, auf der die CCD-Zeilen-Kamera 1 montiert ist. Mittels der Drehvorrichtung 2 ist die CCD-Zeilen-Kamera 1 sowohl um eine vertikale Achse 3 als auch um eine horizontale Achse 4 schwenkbar. Bekannte CCD-Zeilen-Kameras weisen meist drei CCD-Zeilen auf, wobei die Zeilenbreite 5184 Pixel umfaßt. Diese Zeilen sind zum Zwecke der Stereobildverarbeitung derart angeordnet, daß die mittlere Zeile senkrecht nach unten und die zwei anderen jeweils  $25^\circ$  nach vorn bzw. hinten schauen, wobei zur Bestimmung der bidirektionalen Reflektanzverteilung nur die mittlere CCD-Zeile verwendet wird. Zur Unterdrückung von Streulicht kann vor der Kameraoptik ein schlitzförmiger Streulichtschutz angeordnet werden. Zur Erfassung der jeweiligen Strahlungsdichte einer zu untersuchenden Oberfläche 5 wird die CCD-Zeilen-Kamera 1 derart ausgerichtet, daß ein Ende der mittleren CCD-Zeile senkrecht auf die Oberfläche 5 blickt und dadurch einen imaginären Kreismittelpunkt 6 der Oberfläche 5 definiert. Das entgegengesetzte Ende der CCD-Zeile ist somit auf einen Punkt 7 off-nadir gerichtet. Bei einem Öffnungswinkel von  $80^\circ$  steht somit die optische Achse der CCD-Zeilen-Kamera 1 zur Oberfläche 5 in einem Winkel von  $40^\circ$ . Mittels einer simultanen Aufnahme wird dabei das gestrichelt dargestellte Segment aufgenommen. Anschließend wird die CCD-Zeilen-Kamera 1 um einen bestimmten Winkel um die vertikale Achse 3 gedreht und ein weiteres Segment aufgenommen. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis die CCD-Zeilen-Kamera 1 um  $360^\circ$  gedreht wurde und somit einen Kreis 8 der Oberfläche 5 vermessen hat. Die schrittweise vertikale Drehung kann dabei entweder manuell oder automatisch mittels einer geeigneten programmierbaren Steuerung erfolgen.

**[0014]** Zur Bestimmung der bidirektionalen Reflektanz muß die erfaßte Strahlungsdichte mit einer der einfallenden Strahlung entsprechenden Referenzgröße verglichen werden. Dazu wird gemäß Fig. 2 die CCD-Zeilen-Kamera 1 um die horizontale Achse 4 um  $180^\circ$  gedreht und die einfallende Strahlungsdichte wieder segmentweise erfaßt. Dadurch ist für jeden Punkt

der Oberfläche 5 sowohl die einfallende als auch die reflektierte Strahlungsdichte bekannt, so daß daraus die resultierende bidirektionale Reflektanzverteilungsfunktion der Oberfläche 5 ableitbar ist.

**[0015]** Aufgrund des großen Öffnungswinkels und der optischen Bauelemente weist die CCD-Zeilen-Kamera 1 bzw. die Kameraoptik eine gewisse Eigenpolarisation auf. Die Eigenpolarisation der Kameraoptik ist im Bereich der optischen Achse nahezu null und nimmt zu beiden Enden der CCD-Zeile hin zu. Bei den bisher bekannten CCD-Zeilen-Kameras 1 kann die Eigenpolarisation an den Rändern bis zu 20 % betragen. Die Polarisation des einfallenden, von der Erdoberfläche reflektierten Lichtes kann je nach Untergrund bis zu 30% bei rotem Licht und bis zu 60% bei blauem Licht betragen. Somit kann der mit abnehmender Wellenlänge größer werdende Meßfehler allein durch die Polarisation bis zu 6% bzw. 12% betragen. Zur Ermittlung und Unterdrückung dieser Meßfehler aufgrund der Eigenpolarisation der CCD-Zeilen-Kameras 1 kann gemäß Fig.3 eine weitere Referenzmessung vorgenommen werden. Dazu wird z.B. die CCD-Zeilen-Kamera 1 derart ausgerichtet, daß die optische Achse der CCD-Zeilen-Kamera 1 auf den off-nadir Punkt 7 der ersten Messung gerichtet ist, also den Punkte, wo die größte Eigenpolarisation der CCD-Zeilen-Kamera 1 in der vorangegangenen Messung auftrat. Da im Bereich der optischen Achse die Eigenpolarisation null ist, ist der Meßfehler aufgrund von Polarisation für den off-nadir Punkt 7 bei der Referenzmessung null. Mittels eines Vergleichs zwischen den beiden Meßwerten kann somit auf den Polarisationsgrad der von der Oberfläche 5 reflektierten Strahlung zurückgeschlossen werden. Da die Eigenpolarisation und deren Verteilung über die CCD-Zeile eine feste, bestimmbare Gerätegröße ist, kann somit der Meßfehler aufgrund der Polarisation für alle Punkte eines Segmentes und somit der gesamten Oberfläche 5 herausgerechnet werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der bidirektionalen Reflektanzverteilung, mittels einer CCD-Zeilen-Kamera (1), die auf einer Drehvorrichtung (2) angeordnet ist, wobei die Drehvorrichtung (2) um eine vertikale Achse (3) und eine horizontale Achse (4) schwenkbar ausgebildet ist, umfassend folgende Verfahrensschritte:

- a) Ausrichten der mittleren CCD-Zeile auf die Oberfläche (5) derart, daß ein Ende der CCD-Zeile senkrecht zur Oberfläche (5) blickt und dadurch einen imaginären Kreismittelpunkt (6) der Oberfläche (5) definiert,
- b) simultanes Erfassen der optischen Strahldichte eines Segments der Oberfläche (5),
- c) Abspeichern der erfaßten Strahldichte ge-

mäß Verfahrensschritt b),

d) Drehen der CCD-Zeilen-Kamera (1) um die vertikale Achse (3) um einen bestimmten Winkel und Wiederholen der Verfahrensschritte b), c) und d) solange, bis die CCD-Zeilen-Kamera (1) um 360° um die vertikale Achse (3) gedreht wurde,

e) Verschieben der optischen Achse der CCD-Zeilen-Kamera (1) mittels der horizontalen Achse (4) der Drehvorrichtung (2) um 180°,

f) segmentweises Erfassen und Abspeichern der einfallenden Strahlung,

g) Drehen der CCD-Zeilen-Kamera (1) um die vertikale Achse (3) um einen bestimmten Winkel und Wiederholen der Verfahrensschritte f) und g) solange, bis die CCD-Zeilen-Kamera (1) um 360° geschwenkt wurde.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Bestimmung der Referenz gemäß der Verfahrensschritte e) bis g) vor und/oder nach der Erfassung der optischen Strahldichte der Oberfläche (5) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei zur Bestimmung der Eigenpolarisation der CCD-Zeilen-Kamera (1) die optische Achse auf den off-Nadir Punkt (7) gerichtet wird und die optische Strahldichte erfaßt und abgespeichert wird.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche, umfassend eine als CCD-Zeilen-Kamera (1) ausgebildete optische Detektoreinrichtung und eine die CCD-Zeilen-Kamera (1) schwenkende Drehvorrichtung (2), die um eine vertikale Achse (3) und eine horizontale Achse (4) schwenkbar ausgebildet ist.

## Claims

1. Method of determining the bidirectional reflectance distribution by means of a CCD line-scanning camera (1), which is disposed on a rotating apparatus (2), the rotating apparatus (2) being configured to be pivotable about a vertical axis (3) and a horizontal axis (4), said method including the following method steps:

- a) aligning the central CCD line with the surface (5) in such a manner that one end of the CCD line looks perpendicularly relative to the surface (5) and thereby defines an imaginary centre of a circle (6) of the surface (5),
- b) simultaneously detecting the optical radiance of a segment of the surface (5),
- c) storing the detected radiance according to method step b),
- d) rotating the CCD line-scanning camera (1)

- about the vertical axis (3) through a specific angle and repeating the method steps b), c) and d) until the CCD line-scanning camera (1) has rotated about the vertical axis (3) through 360°, e) displacing the optical axis of the CCD line-scanning camera (1) by means of the horizontal axis (4) of the rotating apparatus (2) through 180°, f) segmentwisely detecting and storing the incident radiation, g) rotating the CCD line-scanning camera (1) about the vertical axis (3) through a specific angle and repeating the method steps f) and g) until the CCD line-scanning camera (1) has pivoted through 360°.
2. Method according to claim 1, wherein the determination of the reference according to the method steps e) to g) is effected prior to and/or subsequent to the detection of the optical radiance of the surface (5).
3. Method according to claim 1 or 2, wherein, in order to determine the inherent polarisation of the CCD line-scanning camera (1), the optical axis is directed towards the off-nadir point (7), and the optical radiance is detected and stored.
4. Apparatus for accomplishing the method according to one of the preceding claims, said apparatus including an optical detector, which is in the form of a CCD line-scanning camera (1), and a rotating apparatus (2), which pivots the CCD line-scanning camera (1) and is configured to be pivotable about a vertical axis (3) and a horizontal axis (4).
- que la caméra à lignes de CCD (1) ait été tournée de 360° autour de l'axe vertical (3), e) décalage de l'axe optique de la caméra à lignes de CCD (1), à l'aide de l'axe horizontal (4) du dispositif rotatif (2), de 180°, f) mesure segment par segment et enregistrement du rayonnement incident, g) rotation de la caméra à lignes de CCD (1) autour de l'axe vertical (3) d'un angle déterminé et répétition des étapes f) et g) jusqu'à ce que la caméra à lignes de CCD (1) ait été pivotée sur 360°.
2. Procédé selon la revendication 1, moyennant quoi la détermination de la référence est réalisée selon les étapes e) à g) avant et/ou après la mesure de la radiance optique de la surface (5).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, moyennant quoi, pour la détermination de la polarisation propre de la caméra à lignes de CCD (1), l'axe optique est orienté vers le nadir (7) et la radiance optique est mesurée et enregistrée.
4. Dispositif pour la réalisation du procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant un dispositif de détection conçu comme une caméra à lignes de CCD (1) et un dispositif rotatif (2) qui fait pivoter la caméra à lignes de CCD (1) et qui pivote autour d'un axe vertical (3) et d'un axe horizontal (4).

## Revendications

1. Procédé de détermination de la répartition bidirectionnelle de la réflexion à l'aide d'une caméra à lignes de CCD (1) disposée sur un dispositif rotatif (2), moyennant quoi le dispositif rotatif (2) peut pivoter autour d'un axe vertical (3) et d'un axe horizontal (4), comprenant les étapes suivantes :
- a) orientation de la ligne centrale de CCD sur la surface (5) de telle sorte qu'une extrémité de la ligne de CCD soit perpendiculaire à la surface (5) et définisse ainsi un centre de cercle imaginaire (6) de la surface (5), b) mesure simultanée de la radiance optique d'un segment de la surface (5), c) enregistrement de la radiance mesurée selon l'étape b), d) rotation de la caméra à lignes de CCD (1) autour de l'axe vertical (3) d'un angle déterminé et répétition des étapes b), c) et d) jusqu'à ce

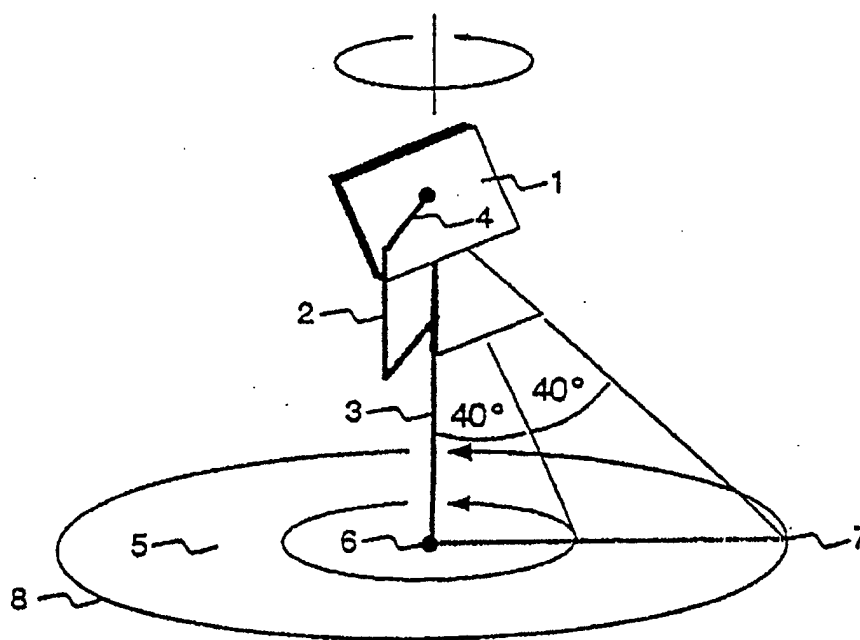


Fig. 1

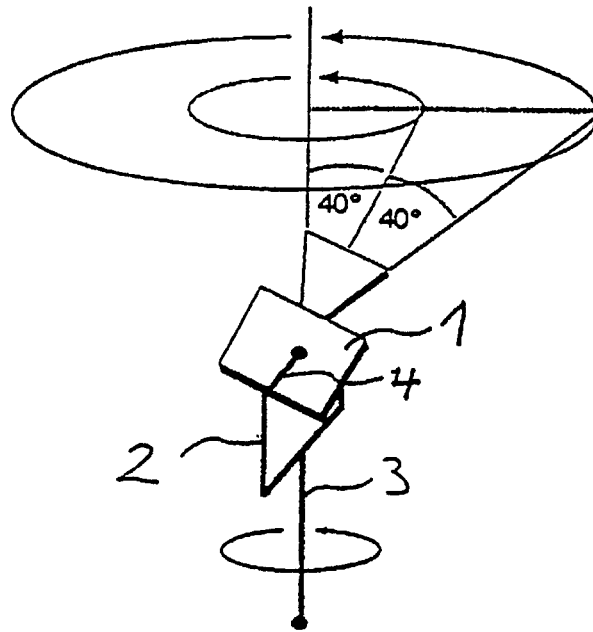


Fig. 2

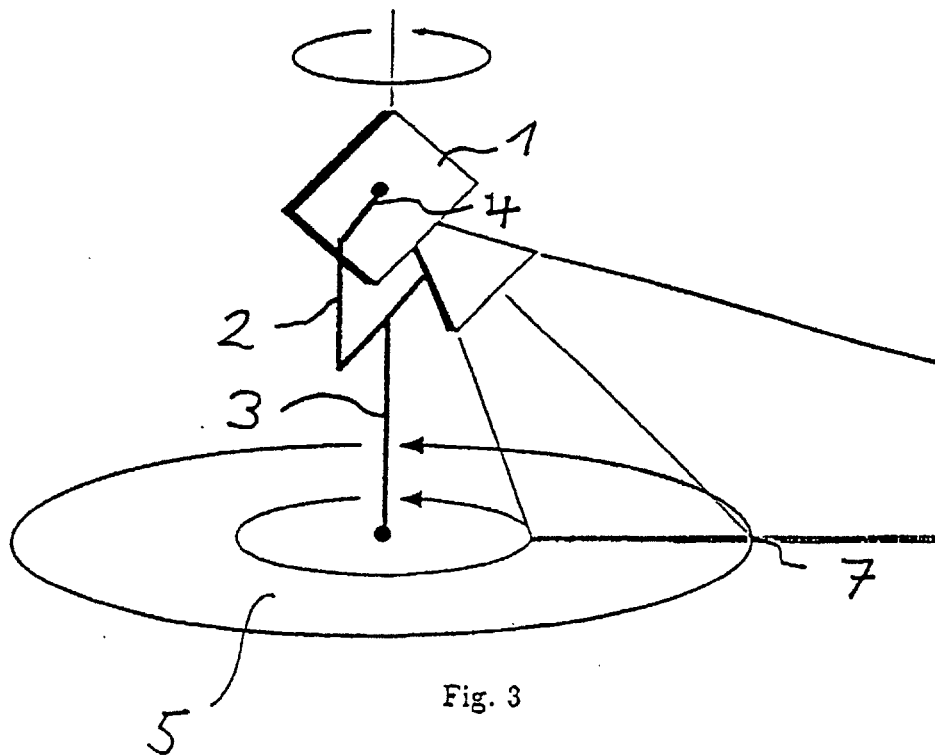


Fig. 3